

MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO PROJETO SPDA

INTERESSADO: Secretaria Municipal Cultura e Desporto de Boa Vista do Sul

LOCALIZAÇÃO: Rua Novos Horizontes, 51, Centro, Boa Vista do Sul

OBJETIVO: Este documento define as condições de projeto, instalação e manutenção do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas – SPDA visando proteger a edificação e suas estruturas contra a incidência direta dos raios.

As prescrições deste documento não garantem a proteção de pessoas e equipamentos elétricos ou eletrônicos situados no interior das zonas protegidas contra os efeitos indiretos causados pelos raios, tais como: parada cardíaca, centelhamento, interferências em equipamentos ou queima de seus componentes, causados por transferências de potencial devido à indução eletromagnética.

Incluem-se neste documento, dados básicos sobre o projeto, dados do proprietário, critérios gerais de instalação e demais informações pertinentes.

As normas de referência utilizadas para elaboração deste projeto são:

- ABNT NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas;
- ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão;
- ABNT NBR 6323 – Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente;

ABNT NBR 13571 – Hastes de aterramento em aço cobreado e acessórios

NÚMERO DE PAVIMENTOS: 01

FINALIDADE DA INSTALAÇÃO: Escola de Educação Infantil

1. GENERALIDADES

Descrição da Edificação

- Ramo de Atividade: Educação
- Área de cobertura 891,68 m²
- Os fechamentos (paredes) da edificação serão de alvenaria convencional com reboco.

2. DIMENSÕES EXTERNAS DA EDIFICAÇÃO

- LARGURA (vista frontal) [W]..... 35 m.
- COMPRIMENTO (vista lateral) [L]..... 30 m.
- ALTURA [H]..... 5,05 m.

OBS: Os valores descritos acima consideram as maiores distâncias em cada dimensão da edificação

3. SPDA EXISTENTE

Em visita à campo, foram encontradas algumas inconformidades. No sistema de captação, encontramos cabos de cobre nú em contato direto com rufos e telha (Figuras 1 e 2), o que não é permitido pela NBR 5419, devido à corrosão galvânica.

Não encontrou-se também, caixas de passagem ou inspeção, impedindo testes de aterramento e continuidade de subidas. Optou-se pela elaboração de um novo projeto, SPDA externo, onde foi projetada nova malha de aterramento e subidas externa, com caixas de inspeção aparentes, para futuras medições e inspeções.



Figuras 1 e 2: Cabo de cobre em contato com rufo

4. CARACTERÍSTICAS DO SPDA

- Nível de proteção: **IV**
- Área de cobertura: **891,68 m²**
- Método de dimensionamento: **Esfera Rolante**
- Número de captores: **12**
- Captor: **Minicaptor 7/8" x 1/8" x 300mm**
- Número de descidas: **11**
- Condutor da descida: **Cabo cobre nú 7 fios 35mm²**.
- Espaçamento médio entre as descidas: **11,20 m.**
- Cabo da malha de aterramento: **Cabo cobre nú 7 fios 50mm²**
- Eletrodo na terra: **Haste de aterramento alta densidade 5/8" x 2,40 m.**

5. SUBSISTEMA DE CAPTAÇÃO

O subsistema de captação será feito utilizando barras chatas de alumínio e minicaptadores 7/8" x 1/8" x 300mm. As barras de 7/8" x 1/8" x 6,00 m, de maneira a formar um anel equipotencial. Serão fixadas através de fixadores modelo Aderidisco, conforme detalhes no projeto em anexo. Fica proibida a furação de platibandas, rufos ou telhado para a fixação dos mesmos.

As distâncias entre os fixadores não poderão ser superior a 1,00 m. Para aumentar a captação serão fixadas hastes zincadas 0,30m, conforme pontos indicados no projeto. A cobertura metálica e todos os pontos elevados, como antenas e chaminés, deverão ser conectados ao aterramento.

No castelo d'água, será aproveitado captor Franklin existente, onde deverá ser feito teste de integridade e continuidade no cabo de descida, e integridade nos dutos PVC de proteção. A descida deverá ser interligada ao sistema de aterramento projetado, na haste projetada mais próxima, através de solda exotérmica. Deverá também, ser instalada caixa de inspeção, conforme projeto em anexo, para futuras medições e testes de continuidade.

Os Mastros das bandeiras deverão ser aterrados e interligados ao sistema de aterramento, conforme projeto e detalhes em anexo, na caixa de inspeção mais próxima através de solda exotérmica.

6. SUBSISTEMA DE DESCIDA

Os condutores de descida fazem a conexão entre o subsistema de captação e o subsistema de aterramento, garantindo a continuidade elétrica desde a captação até a terra, conduzindo as descargas atmosféricas.

Para a edificação em questão foram calculadas 11 descidas externas, derivando entre a caixa de inspeção e o sistema de captação através de barras chatas de alumínio 7/8"x1/8". Após a caixa de inspeção até o sistema de aterramento através de cabo de cobre nú 7 fios 50mm²

7. SUBSISTEMA DE ATERRAMENTO

Para a dissipação da descarga no solo será realizado anel equipotencial, por todo o perímetro da edificação, enterrado e afastado no mínimo 1 metro da edificação. Será utilizado cabo de cobre nú 7 fios 50mm². Todas as conexões da malha de aterramento, com os eletrodos, assim como derivações ou emendas, devem ser realizadas através de soldas exotérmicas.

8. PONTOS PARA MEDIÇÃO DE CONTINUIDADE E ATERRAMENTO

Para futuras aferições de continuidade e aterramento, em todas as subidas, será utilizada caixa de inspeção onde haverá a união entre o cabo de cobre do aterramento e a barra chata de alumínio. Os mesmos deverão estar protegidos por eletroduto PVC rígido até altura mínima de 3 metros. Detalhes construtivos e dimensões, verificar Prancha 01 em anexo.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Deve ser lembrado que um SPDA não impede a ocorrência das descargas atmosféricas.
- Um SPDA projetado e instalado conforme a norma não pode assegurar a proteção absoluta de uma estrutura, de pessoas e bens. Entretanto, a instalação de um SPDA reduz de forma significativa os riscos de danos devidos às descargas atmosféricas.
- A instalação e os materiais utilizados em um SPDA devem atender plenamente a norma NBR 5419.

Douglas Ferrari

Eletrotécnico- CFT 0159791502-5

Responsável Técnico

Carlos Barbosa, 06 de junho de 2025

Memorial de Cálculo

NBR-5419:2015

SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas)

Projeto:

1) Densidade e descargas atmosféricas para a terra [Ng]

$Ng = 8$ [Descargas / km²/ano]

Fonte = Mapa - Brasil

2) Geometria da Estrutura

Comprimento [L] = 37 m

Largura [W] = 30 m

Altura [H] = 5 m

3) Ad - Área de exposição equivalente [em m²]

$Ad = L * W + 2 * (3 * H) * (L + W) + PI * (3 * H)^2$

$Ad = 37 * 30 + 2 * (3 * 5) * (37 + 30) + 3.14159 * (3 * 5)^2$

$Ad = 3826.86 \text{ m}^2$

4) Fatores de Ponderação

4.1) Fator de Localização da Estrutura PRINCIPAL - Cd (Tabela A.1)

Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos

$Cd = 0.5$

4.2) Comprimento da Linha de Energia

$Ll = 1000$ [m]

4.3) Fator de Instalação da Linha ENERGIA - Ci (Tabela A.2)

Enterrado

$Ci = 0.5$

4.4) Fator do Tipo de Linha ENERGIA - Ct (Tabela A.3)

Linha de Energia ou Sinal

$Ct = 1.0$

4.5) Fator Ambiental da Linha ENERGIA - Ce (Tabela A.4)

Urbano

$$C_e = 0.1$$

4.6) Comprimento da Linha de Sinal

$$L_{lt} = 1000 \text{ [m]}$$

4.7) Fator de Instalação da Linha SINAL - Cit (Tabela A.2)

$$\begin{aligned} &\text{Aéreo} \\ C_{it} &= 1.0 \end{aligned}$$

4.8) Fator do Tipo de Linha SINAL - Ctt (Tabela A.3)

$$\begin{aligned} &\text{Linha de Energia ou Sinal} \\ C_{tt} &= 1.0 \end{aligned}$$

4.9) Fator Ambiental da Linha SINAL - Cet (Tabela A.4)

$$\begin{aligned} &\text{Urbano} \\ C_{et} &= 0.1 \end{aligned}$$

4.10) Nd - Número de Eventos Perigosos para a Estrutura [por ano]

$$\begin{aligned} N_d &= N_g * A_d * C_d * 10^{-6} \\ N_d &= 0.01531 \end{aligned}$$

4.11) Nm - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da estrutura [por ano]

$$\begin{aligned} N_m &= N_g * A_m * 10^{-6} \\ A_m &= 2 * 500 * (L + W) + P_i * 500^2 \\ A_m &= 852398.16 \\ N_m &= 6.81919 \end{aligned}$$

4.12) Nl - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned} N_l &= N_g * A_l * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\ A_l &= 40 * L_l \\ A_l &= 40000 \\ N_l &= 0.016 \end{aligned}$$

4.13) Ni - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha de Energia [por ano]

$$\begin{aligned} N_i &= N_g * A_i * C_i * C_e * C_t * 10^{-6} \\ A_i &= 4000 * L_l \\ A_i &= 4000000 \\ N_i &= 1.6 \end{aligned}$$

4.14) Nlt - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas na linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned}Nlt &= Ng * Al * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\Al &= 40 * Llt \\Al &= 40000 \\Nlt &= 0.032\end{aligned}$$

4.15) Nit - Número médio anual de eventos perigosos devido a descargas atmosféricas perto da linha SINAL [por ano]

$$\begin{aligned}Nit &= Ng * Ait * Cit * Cet * Ctt * 10^{-6} \\Ait &= 4000 * Llt \\Ait &= 4000000 \\Nit &= 3.2\end{aligned}$$

4.16) Proteção da Estrutura - Pb (Tabela B.2)

Estrutura não protegida por SPDA
 $Pb = 1$

4.17) Tipo de linha externa Energia - Cld e Cli (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada
 $Cld = 1$
 $Cli = 1$

4.18) Tipo de linha externa SINAL - Cldt e Clit (Tabela B.4)

Linha aérea não blindada
 $Cldt = 1$
 $Clit = 1$

4.19) Ks1

Ks1: leva em consideração a eficiência da blindagem por malha da estrutura, SPDA ou outra blindagem na interface ZPR 0/1;

Dentro de uma ZPR, em uma distância de segurança do limite da malha no mínimo igual à largura da malha Wm ,

fatores Ks1 e Ks2 para SPDA ou blindagem tipo malha espacial podem ser avaliados como: $Ks1 = 0,12 * Wm1$

$$Ks1 = 1$$

4.20) Uw Energia

Uw: é a tensão suportável nominal de impulso do sistema a ser protegido, expressa em quilovolts (kV).

$$Uw = 2.5$$

4.21) Ks4 Energia

Ks4: leva em consideração a tensão suportável de impulso do sistema a ser protegido. $Ks4 = 1 / U_w$

$$Ks4 = 0.4$$

4.22) Uwt Sinal

$$Uwt = 1.5$$

4.23) Ks4t Sinal

$$Ks4t = 0.67$$

4.24) Nível de Proteção NP - Peb (Tabela B.7)

Sem DPS

$$Peb = 1$$

4.25) Roteamento, blindagem e interligação ENERGIA - Pld (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ($U_w=2.5$)

$$Pld = 1$$

4.26) Roteamento, blindagem e interligação SINAL - Pldt (Tabela B.8)

Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo

barramento de equipotencialização do equipamento ($U_w=1.5$)

$$Pldt = 1$$

4.27) Pv - Probabilidade de Descarga na linha de Energia Causar danos físicos

$$Pv = Peb * Pld * Cld$$

$$Pv = 1$$

4.28) Pvt - Probabilidade de Descarga na linha de Sinal Causar danos físicos

$$Pvt = Peb * Pldt * Cltd$$

$$Pvt = 1$$

5) Zonas da Edificação

5.1) Zona: EMEI Sementinhas do Bem

5.1.1) Número de pessoas na Zona

$nz = 50$

5.1.2) Número total de pessoas na Estrutura

$nt = 50$

5.1.3) Tempo de presença das pessoas na Zona (h/ano)

$tz = 4$

5.1.4) Tempo de presença das pessoas em locais perigosos fora da estrutura (h/ano)

$te = 0$

5.1.5) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

Considerar

5.1.6) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

Considerar

5.1.7) L3 - Perda inaceitável de patrimônio cultural

Desprezar

5.1.8) L4 - Perda econômica

Considerar

5.1.9) Risco de Explosão / Hospitais

Não

5.1.10) Medidas de Proteção (descargas na linha) - Ptu (Tabela B.6)

Nenhuma medida de proteção

$Ptu = 1$

5.1.11) Ks2

$Ks2 = 1$

5.1.12) Nível de Proteção NP ENERGIA - Pspd (Tabela B.3)

Nenhuma sistema de DPS coordenado

$$P_{spd} = 1$$

5.1.13) Fiação Interna ENERGIA - Ks3 (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios (área do laço da ordem de 50 m²)

$$K_{s3} = 1$$

5.1.14) Nível de Proteção NP SINAL - Pspdt (Tabela B.3)

Nenhuma sistema de DPS coordenado

$$P_{spdt} = 1$$

5.1.15) Fiação Interna SINAL - Ks3t (Tabela B.5)

Cabo não blindado - sem preocupação no roteamento no sentido de evitar laços

Condutores em laço com diferentes roteamentos em grandes edifícios (área do laço da ordem de 50 m²)

$$K_{s3t} = 1$$

5.1.16) Pc - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$P_c = P_{spd} * C_{ld}$$

$$P_c = 1$$

5.1.17) Pct - Probabilidade de Descarga na Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$P_{ct} = P_{spdt} * C_{ldt}$$

$$P_{ct} = 1$$

5.1.18) Pms

$$P_{ms} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3} * K_{s4})^2$$

$$P_{ms} = 0.16$$

5.1.19) Pmst

$$P_{mst} = (K_{s1} * K_{s2} * K_{s3t} * K_{s4t})^2$$

$$P_{mst} = 0.4489$$

5.1.20) Pm - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos

$$P_m = P_{spd} * P_{ms}$$

$$P_m = 0.16$$

5.1.21) Pmt - Probabilidade de Descarga perto da Estrutura causar Danos em sistemas internos SINAL

$$P_{mt} = P_{spdt} * P_{mst}$$
$$P_m = 0.4489$$

5.1.22) Pu - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque

$$P_u = P_{tu} * P_{eb} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_u = 1$$

5.1.23) Put - Probabilidade de Descarga na linha causar ferimentos a seres vivos por choque SINAL

$$P_{ut} = P_{tu} * P_{eb} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{ut} = 1$$

5.1.24) Pw - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos

$$P_w = P_{spd} * P_{ld} * C_{ld}$$
$$P_w = 1$$

5.1.25) Pwt - Probabilidade de Descarga na linha Causar falha de sistemas internos SINAL

$$P_{wt} = P_{spdt} * P_{ldt} * C_{ldt}$$
$$P_{wt} = 1$$

5.1.26) Pli

$$P_{li} \text{ para } U_w = 2.5 \text{ kV}$$
$$P_{li} = 0.3$$

5.1.27) Plit

$$P_{lit} \text{ para } U_{wt} = 1.5 \text{ kV}$$
$$P_{lit} = 0.5$$

5.1.28) Pz - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas internos

$$P_z = P_{spd} * P_{li} * C_{li}$$
$$P_z = 0.3$$

5.1.29) Pzt - Probabilidade de Descarga perto da linha Causar falha de sistemas

internos SINAL

$$Pzt = Pspdt * Plit * Clit$$
$$Pzt = 0.5$$

5.1.30) Medidas de Proteção (descargas na estrutura) - Pta (Tabela B.1)

Nenhuma medida de Proteção
Pta = 1

5.1.31) Tipo de superfície do solo ou piso - Fator de redução rt (Tabela C.3)

Agricultura, concreto (Resistência de contato ≤ 1 ohm)
rt = 0.01

5.1.32) Providências para reduzir consequências de incêndio - Fator de redução rp (Tabela C.4)

Nenhuma Providência
rp = 1

5.1.33) Risco de incêndio ou explosão na estrutura - Fator de redução rf (Tabela C.5)

Incêndio: Risco Normal
rf = 0.01

5.1.34) Perigo Especial - Fator hz (Tabela C.6)

Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1000 pessoas)
hz = 5

5.1.35) Pa - Probabilidade de Descarga na estrutura causar ferimentos a seres vivos por choque

$$Pa = Pta * Pb$$
$$Pa = 1$$

5.1.36) L1 - Perda de vida humana incluindo ferimento permanente

5.1.36.1) Lt

$$Lt = 0.01$$

5.1.36.2) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.2)

Hospital, hotel, escola, edifício cívico
Lf = 0.1

5.1.36.3) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.2)

Não Aplicável
Lo = 0

5.1.36.4) La

$$La = rt * Lt * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$La = 0.04566 * 10^{-6}$$

5.1.36.5) Lu

$$Lu = La = 0.04566 * 10^{-6}$$

5.1.36.6) Lb

$$Lb = rp * rf * hz * Lf * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lb = 0.02283 * 10^{-4}$$

5.1.36.7) Lv

$$Lv = Lb = 0.02283 * 10^{-4}$$

5.1.36.8) Lc

$$Lc = Lo * (nz / nt) * (tz / 8760)$$
$$Lc = 0$$

5.1.36.9) Lm Lw Lz

$$Lm = Lw = Lz = Lc = 0$$

5.1.37) L2 - Perda inaceitável de serviço ao público

5.1.37.1) D2 - Danos Físicos - Lf (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia
Lf2 = 0.1

5.1.37.2) D3 - Falhas de sistemas internos - Lo (Tabela C.8)

Gás, água, fornecimento de energia
Lo2 = 0.01

5.1.37.3) Lb2

$$Lb2 = rp * rf * Lf2 * (nz / nt)$$
$$Lb2 = 0.001$$

5.1.37.4) Lv2

$$Lv2 = Lb2 = 0.001$$

5.1.37.5) Lc2

$$Lc2 = Lo2 * (nz / nt)$$
$$Lc2 = 0.01$$

5.1.37.6) Lm2 Lw2 Lz2

$$Lm2 = Lw2 = Lz2 = Lc2 = 0.01$$

5.1.38) L4 - Perda econômica

5.1.38.1) D2 - Danos físicos - Lf (Tabela C.12)

Hotel, escola, escritório, igreja, entretenimento público, comercial

$$Lf4 = 0.2$$

5.1.38.2) D3 - Falha de sistemas internos - Lo (Tabela C.12)

Museu, agricultura, escola, igreja, entretenimento público

$$Lo4 = 0.001$$

5.1.38.3) ca - Valor dos animais na Zona (milhões)

$$ca = 0 \text{ milhões}$$

5.1.38.4) cb - Valor da edificação relevante à Zona (milhões)

$$cb = 3 \text{ milhões}$$

5.1.38.5) cc - Valor do conteúdo da Zona (milhões)

$$cc = 1 \text{ milhões}$$

5.1.38.6) cs - Valor dos sistemas internos incluindo suas atividades na Zona (milhões)

$$cs = 1 \text{ milhões}$$

5.1.38.7) ct - Valor total da estrutura (soma de todas as zonas) (milhões)

$ct = 5 \text{ milhões}$

5.1.38.8) La4

$La4 = rt * Lt4 * (ca / ct)$
 $La4 = 0$

5.1.38.9) Lu4

$Lu4 = La4 = 0$

5.1.38.10) Lb4

$Lb4 = rp * rf * Lf4 * ((ca + cb + cc + cs) / ct)$
 $Lb4 = 0.002$

5.1.38.11) Lv4

$Lv4 = Lb4 = 0.002$

5.1.38.12) Lc4

$Lc4 = Io4 * (cs / ct)$
 $Lc4 = 0.0002$

5.1.38.13) Lm4 Lw4 Lz4

$Lm4 = Lw4 = Lz4 = Lc4 = 0.0002$

5.1.38.14) Le4

$Le4 = Lfe4 * (ce / ct)$
 $Le4 = 0$

5.1.38.15) Lft4

$Lft4 = Lf4 + Le4$
 $Lft4 = 0.2$

5.1.39) Riscos [R1] da Zona [EMEI Sementinhas do Bem]

5.1.39.1) Ra

$Ra = Nd * Pa * La$
 $Ra = 0.01531 * 1 * 0.04566 * 10^{-6}$
 $Ra = 0.00699 * 10^{-7}$

5.1.39.2) Rb

$$\begin{aligned}R_b &= N_d * P_b * L_b \\R_b &= 0.01531 * 1 * 0.02283 * 10^{-4} \\R_b &= 0.03495 * 10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.39.3) Ru

$$\begin{aligned}R_u &= (N_l + N_{dj}) * P_u * L_u \\R_u &= (0.016 + 0) * 1 * 0.04566 * 10^{-6} \\R_u &= 0.00731 * 10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.39.4) Rut

$$\begin{aligned}R_{ut} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{ut} * L_u \\R_{ut} &= (0.032 + 0) * 1 * 0.04566 * 10^{-6} \\R_{ut} &= 0.01461 * 10^{-7}\end{aligned}$$

5.1.39.5) Rv

$$\begin{aligned}R_v &= (N_l + N_{dj}) * P_v * L_v \\R_v &= (0.016 + 0) * 1 * 0.02283 * 10^{-4} \\R_v &= 0.03653 * 10^{-6}\end{aligned}$$

5.1.39.6) Rvt

$$\begin{aligned}R_{vt} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_v \\R_{vt} &= (0.032 + 0) * 1 * 0.02283 * 10^{-4} \\R_{vt} &= 0.00731 * 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.39.7) R1z

$$\begin{aligned}R_{1z} &= R_a + R_b + R_u + R_v + R_{ut} + R_{vt} \\R_{1z} &= 0.00699 * 10^{-7} + 0.03495 * 10^{-6} + 0.00731 * 10^{-7} + 0.03653 * 10^{-6} + \\0.01461 * 10^{-7} + 0.00731 * 10^{-5} \\R_{1z} &= 0.0147 \times 10^{-5}\end{aligned}$$

5.1.40) Riscos [R2] da Zona [EMEI Sementinhas do Bem]

5.1.40.1) Rb2

$$\begin{aligned}R_{b2} &= N_d * P_b * L_{b2} \\R_{b2} &= 0.01531 * 1 * 0.001 \\R_{b2} &= 0.01531 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.40.2) Rc2

$$R_{c2} = N_d * P_c * L_{c2}$$

$$\begin{aligned}R_{c2} &= 0.01531 * 1 * 0.01 \\R_{c2} &= 0.00015\end{aligned}$$

5.1.40.3) R_{m2}

$$\begin{aligned}R_{m2} &= N_m * P_m * L_{m2} \\R_{m2} &= 6.81919 * 0.16 * 0.01 \\R_{m2} &= 0.01091\end{aligned}$$

5.1.40.4) R_{v2}

$$\begin{aligned}R_{v2} &= (N_l + N_{dj}) * P_v * L_{v2} \\R_{v2} &= (0.016 + 0) * 1 * 0.001 \\R_{v2} &= 0.016 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.40.5) R_{vt2}

$$\begin{aligned}R_{vt2} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{vt} * L_{v2} \\R_{vt2} &= (0.032 + 0) * 1 * 0.001 \\R_{vt2} &= 0.032 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.40.6) R_{w2}

$$\begin{aligned}R_{w2} &= (N_l + N_{dj}) * P_w * L_{w2} \\R_{w2} &= (0.016 + 0) * 1 * 0.01 \\R_{w2} &= 0.00016\end{aligned}$$

5.1.40.7) R_{wt2}

$$\begin{aligned}R_{wt2} &= (N_{lt} + N_{dj1}) * P_{wt} * L_{w2} \\R_{wt2} &= (0.032 + 0) * 1 * 0.01 \\R_{wt2} &= 0.00032\end{aligned}$$

5.1.40.8) R_{z2}

$$\begin{aligned}R_{z2} &= N_i * P_z * L_{z2} \\R_{z2} &= 1.6 * 0.3 * 0.01 \\R_{z2} &= 0.0048\end{aligned}$$

5.1.40.9) R_{2z}

$$\begin{aligned}R_{2z} &= R_{b2} + R_{c2} + R_{m2} + R_{v2} + R_{w2} + R_{z2} + R_{vt2} + R_{wt2} + R_{zt2} \\R_{2z} &= 0.01531 * 10^{-3} + 0.00015 + 0.01091 + 0.016 * 10^{-3} + 0.00016 + \\0.0048 &+ 0.032 * 10^{-3} + 0.00032 + 0.016 \\R_{2z} &= 32.41 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.41) Riscos [R₄] da Zona [EMEI Sementinhas do Bem]

5.1.41.1) R_{b4}

$$\begin{aligned}Rb4 &= Nd * Pb * Lb4 \\Rb4 &= 0.01531 * 1 * 0.002 \\Rb4 &= 0.03061 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.41.2) Rc4

$$\begin{aligned}Rc4 &= Nd * Pc * Lc4 \\Rc4 &= 0.01531 * 1 * 0.0002 \\Rc4 &= 0.03061 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.41.3) Rm4

$$\begin{aligned}Rm4 &= Nm * Pm * Lm4 \\Rm4 &= 6.81919 * 0.16 * 0.0002 \\Rm4 &= 0.00022\end{aligned}$$

5.1.41.4) Rv4

$$\begin{aligned}Rv4 &= (Nl + Ndj) * Pv * Lv4 \\Rv4 &= (0.016 + 0) * 1 * 0.002 \\Rv4 &= 0.032 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.41.5) Rvt4

$$\begin{aligned}Rvt4 &= (Nlt + Ndj1) * Pvt * Lv4 \\Rvt4 &= (0.032 + 0) * 1 * 0.002 \\Rvt4 &= 0.00006\end{aligned}$$

5.1.41.6) Rw4

$$\begin{aligned}Rw4 &= (Nl + Ndj) * Pw * Lw4 \\Rw4 &= (0.016 + 0) * 1 * 0.0002 \\Rw4 &= 0.032 * 10^{-4}\end{aligned}$$

5.1.41.7) Rwt4

$$\begin{aligned}Rwt4 &= (Nlt + Ndj1) * Pwt * Lw4 \\Rwt4 &= (0.032 + 0) * 1 * 0.0002 \\Rwt4 &= 0.0064 * 10^{-3}\end{aligned}$$

5.1.41.8) Rz4

$$\begin{aligned}Rz4 &= Ni * Pz * Lz4 \\Rz4 &= 1.6 * 0.3 * 0.0002 \\Rz4 &= 0.0001\end{aligned}$$

5.1.41.9) R4z

$$R4z = Rb4 + Rc4 + Rm4 + Rv4 + Rw4 + Rz4 + Rvt4 + Rwt4 + Rzt4$$

$$R4z = 0.03061 \times 10^{-3} + 0.03061 \times 10^{-4} + 0.00022 + 0.032 \times 10^{-3} + 0.032 \times 10^{-4} + 0.0001 + 0.00006 + 0.0064 \times 10^{-3} + 0.00032$$
$$R4z = 0.773 \times 10^{-3}$$

6) Risco Total

6.1) R1

$$Ra + Rb = 0.00356 \times 10^{-5}$$
$$R1 = 0.0147 \times 10^{-5}$$
$$Rt1 = 1 \times 10^{-5}$$
$$R1 \leq Rt1$$
$$(Ra + Rb) \leq Rt1$$

[OK]

6.2) R2

$$Ra + Rb = 0.0153 \times 10^{-3}$$
$$R2 = 32.41 \times 10^{-3}$$
$$Rt2 = 1 \times 10^{-3}$$
$$R2 > Rt2$$
$$(Ra + Rb) \leq Rt2$$

[Requer a instalação de MPS e/ou SPDA]

6.3) R4

$$Ra + Rb = 0.0306 \times 10^{-3}$$
$$R4 = 0.773 \times 10^{-3}$$
$$Rt4 = 1 \times 10^{-3}$$
$$R4 \leq Rt4$$
$$(Ra + Rb) \leq Rt4$$

[OK]

6.4) Estrutura desprotegida, necessita de uma nova avaliação do gerenciamento de risco implantando medidas de proteção MPS e/ou SPDA

$R2 > Rt2$
 $(Ra + Rb) \leq Rt2$ (um SPDA completo não é necessário; neste caso DPS de acordo com a ABNT NBR 5419-4 são suficientes)

7) Nível de Proteção adotada: **IV**

8) Método Utilizado

8.1) Malha ou da Gaiola de Faraday

Módulos da malha [Nível de Proteção IV]

Afastamento máximo da Malha = 20x20 m

9) Cálculo do Número de descidas [N]

Area = 1110 m².
Altura = 5 m.
Perímetro = 134 m.
Cantos Salientes da Estrutura = 4

Nível de Proteção IV: Espaçamento médio = 20m

$N = \text{Perímetro} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ [N = 11] para Nível de Proteção: IV

$N = \text{Altura} / 20\text{m} + (\text{número de cantos salientes})$ | $N = 5 / 20 + 4$ | N = 5

N >= 2 (Para descidas não naturais)

N = 11 descidas.

10) Cálculo do Comprimento do Condutor enterrado horizontalmente

Condutor enterrado horizontalmente

r = 100 ohms.m [resistividade do solo]
R = 10 ohms [Resistência de aterramento]
L = Comprimento do Condutor Horizontal enterrado em (m)

$L = (2 * r) / R$
 $L = (2 * 100) / 10$
L = 20 m

l₁(min) = 5 m

L = 20 m

Re = 21.33 m [Raio médio da área abrangida pelos eletrodos]

Comprimento Adicional [Re >= l₁] [OK]

11) Anéis horizontais de interligação das descidas

Instalação de 1 Anél horizontal de aterramento enterrado
Altura: 5m <= 20m (Não é necessário anél horizontal intermediário)

12) Seções mínimas

12.1) Condutores de Captação, Hastes Captoras e Condutores de Descidas

Cobre - Fita maciça	35mm ²	Espessura 1.75 mm
Cobre - Arredondado maciço	35mm ²	Diâmetro 6 mm

2.5mm	Cobre - Encordado	35mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha
	Cobre - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm
	Alumínio - Fita maciça	70mm ²	Espessura 3 mm
	Alumínio - Arredondado maciço	70mm ²	Diâmetro 9.5mm
	Alumínio - Encordado	70mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.5mm
	Alumínio - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm
	Aço Cobreado IACS 30% - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
	Aço Cobreado IACS 30% - Encordado	50mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3 mm
	Alumínio Cobreado IACS 64% - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
	Alumínio Cobreado IACS 64% - Encordado	70mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.6 mm
2.5mm	Aço Galv.a quente - Fita maciça	50mm ²	Espessura mínima
	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
	Aço Galv.a quente - Encordado	50mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 1.7 mm
	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm
	Aço Inoxidável - Fita maciça	50mm ²	Espessura 2 mm
	Aço Inoxidável - Arredondado maciço	50mm ²	Diâmetro 8 mm
	Aço Inoxidável - Encordado	70mm ²	Diâmetro de cada fio da cordoalha 1.7 mm
	Aço Inoxidável - Arredondado maciço (b)	200mm ²	Diâmetro 16 mm

(b) - Aplicável somente a minicaptos. Para aplicações onde esforços mecânicos, por exemplo, força do vento, não forem críticos, é permitida a utilização de elementos com diâmetro mínimo de 10mm e comprimento máximo de 1m.

12.2) Eletrodo de Aterramento

	Cobre - Encordado - 50 mm ² - Diâmetro de cada fio - cordoalha 3 mm
	Cobre - Arredondado maciço - 50mm ² - Diâmetro 8 mm
	Cobre - Fita maciça - 50 mm ² - Espessura 2mm
	Cobre - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm
	Cobre - Tubo - Eletrodo cravado 20mm - Espessura da parede 2 mm
	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 16mm
	Aço Galv.a quente - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm
	Aço Galv.a quente - Tubo - Eletrodo cravado 25mm - Espessura da parede 2 mm
mm	Aço Galv.a quente - Fita maciça - 90 mm ² - Espessura 3 mm
	Aço Galv.a quente - Encordado - 70 mm ²
	Aço Cobreado - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 12.7mm
	Aço Cobreado - Encordado 70 mm ² - Diâmetro de cada fio da cordoalha 3.45 mm
	Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo cravado 15mm
	Aço Inoxidável - Arredondado maciço - Eletrodo não cravado 10mm
	Aço Inoxidável - Fita maciça - 100mm ² - Espessura mínima 2 mm

Arquivo: C:\Users\Usuario\Desktop\SPDA - SPDA.rtf